



**【特許請求の範囲】**

**【請求項1】** 目標物に向かって進行中の車両に対して危険を与える障害物の危険度を所定の予測時間毎に検出しその危険度に応じて危険を回避しながら目標地点に進行する障害物回避装置において、複数の移動障害物に対する衝突危険度に基づいて特定の状況を識別する状況予測装置と、障害物回避のためのアルゴリズムを使い分ける回避制御装置とを備えたことを特徴とする障害物回避装置。

**【請求項2】** 目標物に向かって進行中の車両に対して危険を与える障害物の危険度を所定の予測時間毎に検出しその危険度に応じて危険を回避しながら目標地点に進行する障害物回避装置において、衝突危険度が第1の基準値を越えた対象障害物が2つ以上存在する場合を識別する第1の計数部と、対象物との距離が第2の基準値を越えた対象物が2つ以上存在する場合を識別する第2の計数部と、前記第2の係数部で衝突危険度が第1の基準を越えた障害物が2つ以上ありかつ第2の計数部で対象物との距離が第2の基準値を越えた対象物が2つ以上あるとき異常状態であると断定する断定手段と、前記異常状態と断定したとき目標地点に進行する制御を無効にして障害物の回避に徹するようにアルゴリズムを変更する制御部とを備えたことを特徴とする障害物回避装置。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

**【産業上の利用分野】** 本発明は、移動ロボットあるいは無人搬送車等が走行中に遭遇する障害物を回避する障害物回避装置に関するものである。

**【0002】**

**【従来の技術】** 静止もしくは移動中の障害物を回避する装置について、出願人は特願平3-139277号において、多次元メンバーシップ関数を使用する方法を提案している。

**【0003】** これは障害物のある領域内にファジイ集合の適合度を表すことができる多次元メンバーシップ関数を設定し、その多次元メンバーシップ関数を用いて適合度を算出することにより、領域内における衝突危険度を求め、その衝突危険度の値からその領域内を移動する移動体が障害物を回避するための制御指令を生成し、出力するようにしたものである。

**【0004】**

**【発明が解決しようとする課題】**

しかしながらこのような従来の方法は移動障害物の数や位置に無関係に固定されたアルゴリズムで回避動作を決定しているので、複数の移動障害物に対して同時に衝突危険度が高くなったような非常事態においては回避動作が不十分になり例えば図22に示すように衝突を回避できない場合が生ずる。

**【0005】** これは例えば、図22に示すようにゴール101に向かう移動体102が前方からくる移動障害物103、104を回避している状態を示し、移動体102、103、104の黒丸は一例として5サンプリング時点毎の位置を見やすくしているものである。

**【0006】** この例では移動体102が移動障害物103を回避しているが、回避しきれずに×印の地点で衝突している状態を示している。

**【0007】**

**【課題を解決するための手段】** このような課題を解決するために第1の発明は、複数の移動障害物に対する衝突危険度に基づいて特定の状況を識別する状況予測装置と、障害物回避のためのアルゴリズムを使い分ける回避制御装置とを備えたものである。

**【0008】** 第2の発明は衝突危険度が第1の基準値を越えた対象障害物が2つ以上存在する場合を識別する第1の計数部と、対象物との距離が第2の基準値を越えた対象物が2つ以上存在する場合を識別する第2の計数部と、第1の計数部で衝突危険度が第1の基準を越えた障害物が2つ以上ありかつ第2の計数部で対象物との距離が第2の基準値を越えた対象物が2つ以上あるとき異常状態であると断定する断定手段と、異常状態の時目標地点に進行する制御を無効にして障害物の回避に徹するようにアルゴリズムを変更する制御部とを備えたものである。

**【0009】**

**【作用】** 第1の発明は、複数の移動障害物に対する衝突危険度に基づいて特定の状況が識別され、その識別結果に従って障害物回避のためのアルゴリズムを使い分ける回避制御が行われる。

**【0010】** 第2の発明は、第1の発明に加え、衝突危険度が所定値以上ある障害物が2つ以上存在する状態になったとき、ゴールを無視して回避に専念する制御が行われる。

**【0011】**

**【実施例】** 図1は本発明の一実施例を示すブロック図である。この装置の構成は、障害物のある領域内における複数の障害物の各々と移動体との衝突危険度を求める衝突危険度判定装置1、その衝突危険度に基づいて特定の状況を識別する状況予測装置2、衝突危険度判定手段1と状況予測装置2との値に基づいて状況識別と制御戦略を使い分けた回避動作の決定、すなわち目標物に向かいつつ障害物を回避するための制御指令を出力する制御装置3とに分けられる。

**【0012】** そして制御装置3は所定値以上の危険度を有する障害物が2つ以上ある時は目標へ向かう制御機能を停止するようになっている。

**【0013】** 衝突危険度判定装置1は、移動体が進行する領域内にある障害物に関する情報を得るための手段として、障害物の位置、速度及び進行方向（一定の目標方

向に対する角度)を検出する障害物の位置・速度・進行方向検出装置部11と、その検出信号を演算処理のためのデジタル信号に変換する信号変換部12とを備えている。

【0014】また、移動体に関する情報を得るための手段として、当該移動体の位置、速度及び旋回角度を計測する自車の速度・旋回角度計測装置13と、その計測信号を演算処理のための信号に変換する信号変換装置14とを備えている。

【0015】更に、前述した多次元メンバシップ関数を記憶した多次元メンバシップ関数記憶部15と、自車の速度・旋回角度計測装置13からの計測信号に応じて、多次元メンバシップ関数記憶部15に格納された多次元メンバシップ関数を自動的に変更するメンバーシップ関数自動変換装置16を備えている。

【0016】そのほかに、信号変換装置12の出力、多次元メンバーシップ関数記憶部15の出力、状況予測装置2の出力により衝突危険度を演算するCPU17、演算された衝突危険度の値を出力する衝突危険度出力装置18を備えている。

【0017】衝突危険度判定装置1において、障害物の位置・速度・進行方向検出装置11は例えば、平面上を移動する移動体に対する障害物に対して、光によりその障害物の大きさや位置等を検出する画像センサで構成される。また信号変換装置12は、障害物の位置・速度・進行方向検出装置11から送られた障害物に関する信号をデジタル信号に変換するA/D変換器で構成される。

【0018】また、自車の速度・旋回角度計測装置13は、例えば、平面上を移動する移動体に搭載した速度計等の計測器で構成される。信号変換装置14は、それらの計測器に組み込まれるか或いは外付けのA/D変換器で構成される。

【0019】多次元メンバシップ関数記憶部15は、後述のように移動体の速度及び進行方向に応じて変化する変数を含み且つ障害物の進行しようとする領域に対して設定される多次元メンバシップ関数を記憶するメモリで構成される。CPU17及び衝突危険度出力装置18は、後述の衝突危険度判定動作を実行するプログラムで制御される。

【0020】衝突危険度記憶部31によって記憶された値は衝突危険度が基準値を越える対象物計数部38に供給されて、そこでは現時点での衝突危険度が所定値以上のもの、例えば0.6以上のものの数を計数するようになっている。また、自車・障害物間距離が基準値を越える対象物計数部39は自車と障害物間距離が基準値以上である障害物の数を計数するようになっており、回避アルゴリズムの変更アルゴリズム記憶部40は障害物の数および値によってどのような回避を行ったら良いかというアルゴリズムが各種記憶されている。

【0021】回避動作のための制御装置3は、移動体の到達目標とする位置を検出する目標到達点位置検出装置32と、その検出信号を演算処理のための信号に変換する信号変換装置33を備えている。

【0022】また、後述のように障害物を回避するためのパラメータ(移動速度及び進行方向を示す角度)を算出するアルゴリズムを格納した回避のための進行方向・速度算出アルゴリズム記憶部34、衝突危険度記憶部31から送られる現時刻より前の衝突危険度および衝突危険度判定装置1の衝突危険度出力装置18から送られる現時点の衝突危険度および目標到達点位置検出装置32で検出される目標位置に基づき、回避のための進行方向・速度算出アルゴリズム記憶部34に格納されたアルゴリズムに従って障害物を回避するためのパラメータを算出するCPU35と、このCPU35で算出されたパラメータから障害物を回避する動作を実現する制御指令を出力する進行方向および速度についての制御指令出力装置36を備えている。

【0023】CPU37は、衝突危険度が基準値を越える対象物計数部38で計数した衝突危険度が基準値を越える対象物数および自車・障害物間距離が基準値を越える対象物計数部39で計数した自車、障害物間距離が基準値以下の対象物数を基に回避アルゴリズムの変更アルゴリズム記憶部40に記憶されているアルゴリズムによって回避アルゴリズムの変更アルゴリズム記憶部38のアルゴリズムを修正するようになっている。

【0024】状況予測装置2は後述のように、現時点より後の時刻における衝突危険度(予測値)を算出するアルゴリズムを格納した状況予測アルゴリズム記憶部21と、衝突危険度判定装置1から送られる障害物及び移動体に関する情報(位置等の検出値及び計測値)に基づき、状況予測アルゴリズム記憶部21に格納されたアルゴリズムに従って衝突危険度の予測値を算出するCPU22とを備える。その予測値は、衝突危険度判定装置1のCPU17に送られる。

【0025】なお、図1の障害物回避装置を構成する3つの手段の各々に含まれるCPU17、22、35、37は、ハードウェアとしては1つのCPUで構成され、そのCPUに各演算動作を実行するプログラムが組み込まれる。このように構成された装置は、CPU37によって障害物を回避するようにアルゴリズムが決められ、その決められたアルゴリズムと、目標到達点位置検出装置32で検出される目標位置信号とに従ってCPU35で所定の演算が行われ、その結果が進行方向および速度についての制御指令出力装置36を介して障害物を避ける制御が行われる。

【0026】この構成により、例えば衝突危険度が0.6以上の障害物が2台以上あればゴールを無視するアルゴリズムによる動作が実行されることになる。図2は他の実施例を示すブロック図であり、図1のものから自車

・障害物間距離が基準値を越える対象物計数部39が省略されており、この場合は複数の移動障害物に対する衝突危険度に基づいて状況識別アルゴリズム記憶部40のアルゴリズムにより状況予測装置2が特定の状況を識別し、その識別結果に従って制御装置3で障害物回避のためのアルゴリズムを使い分ける回避制御を行う。すなわち、移動障害物に対する衝突危険度に基づいて障害回避のための制御戦略の使い分けが行われる。

【0027】図3は図1の装置の動作を示す例であり、例えば衝突危険度が0.6以上の障害物が2台以上あるので、記憶部40のアルゴリズムにより特定の状況を識別し、その識別結果に従って制御装置3で障害物回避のためのアルゴリズムを使い分ける回避制御を行っており、衝突が回避されている。

【0028】『回避動作の方法およびその結果の検討』以上が本願の説明であるが、その説明中では煩雑になるのをさけるため、理解に必要な部分のみを記載し、詳細な理論は省略した。しかし、細かな部分については更に詳細に説明した方がよい部分もあるので、必要な場合は参照できるように以下に説明する。

【0029】まず、衝突危険度判定手段1において衝突危険度を求める原理と方法を説明する。まず移動体が入りようとする領域に対応する多次元メンバシップ関数を設定する。これは、以下のような多次元メンバシップ関数の形状を決定するパラメータを、状況によって異なる値に多様に変化させることにより、動的な多次元メンバシップ関数として得られる。例えば、 $x-y$ 直交座標及び適合度から成る3次元空間内に、図4に示すような放物線の等適合度線を与える3次元メンバシップ関数を考える。

$$\frac{x^2}{(R_x+r_x)^2} - \frac{y}{R_y+r_y} - 1 = 0 \quad \dots\dots (1)$$

【0033】また、 $t_x$ 、 $t_y$ についてのメンバシップ関数は、それぞれ次の(3)、(4)式のようになる。ここで、複合の-は $x$ が正側の部分、+は $x$ が負側の部分

$$t_x = f(x) = \exp\left[-\frac{(x \mp R_x)^2}{a_x^2}\right] \quad \dots\dots (2)$$

【0035】

$$t_y = g(y) = \exp\left[-\frac{(y + R_y)^2}{a_y^2}\right] \quad \dots\dots (3)$$

【0036】 $x-t_x$ 断面上および $y-t_y$ 断面上では、着目する等適合度線と基準点との距離は、それぞれ $R_x + r_x$ 、 $R_y + r_y$ になるので、

$$t = \exp\left[-\frac{(\pm(R_x+r_x) \mp R_x)^2}{a_x^2}\right] = \exp\left[-\frac{r_x^2}{a_x^2}\right] \quad \dots\dots (4)$$

【0038】

$$\therefore r_x = a_x \sqrt{-\ln t} \quad \dots\dots (5)$$

【0039】

【0030】図中の記号は、以下のように定義される。  
なお、簡単のため、原点を基準点(3次元メンバシップ関数を最も簡単に記述するための中心点)とする。

$F(x, y, r_x, r_y) = 0$  : 等適合度線の放物線形状を与える関数

$t_x = f(x)$  :  $x-t_x$ 面におけるつり鐘型メンバシップ関数

$t_y = g(y)$  :  $y-t_y$ 面におけるつり鐘型メンバシップ関数

$R_x$  : 適合度1の放物線形の等適合度線の $x$ 軸方向の半径

$R_y$  : 適合度1の放物線形の等適合度線の $y$ 軸方向の半径

$a_x$  :  $x$ についてのファジィ・エントロピーに比例するパラメータ

$a_y$  :  $y$ についてのファジィ・エントロピーに比例するパラメータ

$r_x$  : 任意の点 $(x, y)$ を含む等適合度線と適合度1の等適合度線との、 $x-t_x$ 断面上での距離

$r_y$  : 任意の点 $(x, y)$ を含む等適合度線と適合度1の等適合度線との、 $y-t_y$ 断面上での距離

$t$  : 3次元メンバシップ関数によって与えられる点 $(x, y)$ の適合度

説明の便宜上、適合度 $t$ を $t_x$ 、 $t_y$ に分けて記述するが、 $t$ 、 $t_x$ 、 $t_y$ は事実上同一の座標軸である。

【0031】このとき、任意の点 $(x, y)$ を含む等適合度線は次のようになる。

【0032】

【数1】

を表わす。

【0034】

【数2】

【数3】

【0037】

【数4】

【数5】

【数6】

$$t = \exp \left[ - \frac{[-(R_y + r_y) + R_y]^2}{a_y^2} \right] = \exp \left[ - \frac{r_y^2}{a_y^2} \right] \quad \dots (6)$$

【0040】

【数7】

$$\therefore r_y = a_y \sqrt{-\ln t} \quad \dots (7)$$

従って、これらより次のようになる。

【数8】

【0041】

$$\frac{x^2}{(R_x + a_x \sqrt{-\ln t})^2} - \frac{y}{R_y + a_y \sqrt{-\ln t}} - 1 = 0 \quad \dots (8)$$

【0042】

【数9】

$$\therefore \frac{x^2/a_x^2}{(R_x/a_x + \sqrt{-\ln t})^2} - \frac{y/a_y}{R_y/a_y + \sqrt{-\ln t}} - 1 = 0 \quad \dots (9)$$

【0043】このとき、第1項と第2項の分母の()内  
が同じ形でないと、tについての陽関数には変形できな  
い。そこで、次のような演算を行う。

【0044】

【数10】

$$\min(R_x/a_x, R_y/a_y) = s_k \quad \dots (10)$$

【0045】を求め、 $0 \leq s \leq s_k$  の範囲から適当なs  
の値を選び、

【0046】

【数11】

$$\frac{R_x - d_x}{a_x} = \frac{R_y - d_y}{a_y} = s \quad \dots (11)$$

【0047】となる $d_x, d_y$ を求める。すなわち、

【数12】

【0048】

$$d_x = R_x - a_x s \quad \dots (12)$$

【0049】

【数13】

$$d_y = R_y - a_y s \quad \dots (13)$$

【0050】を求め、等適合度線の関数を次式のように  
変形する。

【0051】

【数14】

$$\frac{(x \mp d_x)^2/a_x^2}{[(R_x - d_x)/a_x + \sqrt{-\ln t}]^2} - \frac{(y + d_y)/a_y}{(R_y - d_y)/a_y + \sqrt{-\ln t}} - 1 = 0 \quad \dots (14)$$

【0052】ここで、複合の-はxが正側の部分、+は  
xが負側の部分を表わす。

【0053】

【数15】

$$\therefore \frac{(|x| - d_x)^2/a_x^2}{(s + \sqrt{-\ln t})^2} - \frac{(y + d_y)/a_y}{s + \sqrt{-\ln t}} - 1 = 0 \quad \dots (15)$$

【0054】この式の幾何学的な意味を図5に示す。本  
来の放物線に対し、直線部分を付加して近似した形状で  
あることを表わしている。(16)式より

【0055】

【数16】

$$s + \sqrt{-\ln t} = \frac{1}{2} \left( \sqrt{\frac{4(|x| - d_x)^2}{a_x^2} + \frac{(y + d_y)^2}{a_y^2}} - \frac{y + d_y}{a_y} \right) \quad \dots (16)$$

【0056】

【数17】

$$\therefore s + \sqrt{-\ln t} > 0 \quad \dots (17)$$

【0057】

【数18】

$$\therefore t = \exp \left[ - \left\{ \frac{1}{2} \left( \sqrt{\frac{4(|x| - d_x)^2}{a_x^2} + \frac{(y + d_y)^2}{a_y^2}} - \frac{y + d_y}{a_y} \right) - s \right\}^2 \right] \quad \dots \dots (18)$$

【0058】但し  $|x| < d_x$  のとき  $x = d_x$ 、 $|y| < d_y$  のとき  $y = d_y$  として計算する。

【0059】また、図4のように、着目する等適合度線が適合度1の放物線の外側にある場合、{}内は正の値になる。

【0060】同様にして、着目する等適合度線が適合度1の放物線の内側にある場合にも、全く同じ式が得られる。但し、この場合、任意の点  $(x, y)$  が近似した等適合度線の直線部分に存在するときは  $|x| < d_x$  かつ  $|y| < d_y$  で、{}内は正の値になり、放物線部分にあるときは {} 内は負の値になる。

【0061】適合度1の放物線の内側（又は外側）が一

$$t_x = \exp \left[ - \frac{(x + R_x)^2}{a_x^2} \right] = \exp \left[ - \frac{\{(x + d_x) + (R_x - d_x)\}^2}{a_x^2} \right] = \exp \left[ - \left( s - \frac{|x| - d_x}{a_x} \right)^2 \right] \quad \dots \dots (19)$$

【0065】

$$\therefore s + \sqrt{-\ln t_x} = \frac{|x| - d_x}{a_x} \quad \dots \dots (20)$$

【0066】

$$t_y = \exp \left[ - \frac{(y + R_y)^2}{a_y^2} \right] = \exp \left[ - \frac{\{(y + d_y) + (R_y - d_y)\}^2}{a_y^2} \right] = \exp \left[ - \left( s + \frac{y + d_y}{a_y} \right)^2 \right] \quad \dots \dots (21)$$

【0067】

$$\therefore s + \sqrt{-\ln t_y} = - \frac{y + d_y}{a_y} \quad \dots \dots (22)$$

【0068】同様に、適合度1の放物線の内側については

$$s - \sqrt{-\ln t_x} = \frac{|x| - d_x}{a_x} \quad \dots \dots (23)$$

【0070】

$$s - \sqrt{-\ln t_y} = - \frac{y + d_y}{a_y} \quad \dots \dots (24)$$

【0071】従って、これらより次式のような合成演算式が得られる。

【0072】(A) 先端側 ( $y < 0$ ) の場合

$$t_x \wedge t_y = \exp \left[ - \left\{ \frac{1}{2} \left( \sqrt{4(st\sqrt{-\ln t_x})^2 + (st\sqrt{-\ln t_y})^2} + (st\sqrt{-\ln t_y}) \right) - s \right\}^2 \right] \quad \dots \dots (25)$$

【0074】(B) 逆側 ( $y > 0$ ) の場合

【0075】

様に適合度1の領域になる場合は、前記の条件によって判断し、値を与える。

【0062】一方、前記の3次元放物線メンバシップ関数を用いる代わりに、従来型のメンバシップ関数を放物線形の等適合度線で合成することによっても、前記の3次元放物線メンバシップ関数を用いた場合と同様の効果が得られる。以下、そのための合成演算について説明する。

【0063】まず、適合度1の放物線の外側において  $x, y$  の適合度は

【0064】

【数19】

【数20】

【数21】

【数22】

【0069】

【数23】

【数24】

【0073】

【数25】

【数26】

$$t_x \diamond t_y = \exp \left[ -\left\{ \frac{1}{2} \left( \sqrt{4(st\sqrt{-\ln t_x})^2 + (st\sqrt{-\ln t_y})^2} - (st\sqrt{-\ln t_y}) \right) - s \right\}^2 \right] \quad \dots (26)$$

【0076】◇は合成演算（例えば、代数積）を示す記号である。

【0077】複合の意味は、+が適合度1の放物線の外側、-が適合度1の放物線の内側である。

【0078】但し、 $|x| < d_x$  のとき  $t_x = (t_x)_{x=d_x}$ 、 $|y| < d_y$  のとき  $t_y = (t_y)_{y=d_y}$  として計算する。着目する合成位置が適合度1の放物線の外側にある場合、{}内は正の値になる。また、着目する合成位置が適合度1の放物線の内側にある場合、等適合度線の直線部分で合成されるときは、 $|x| < d_x$  かつ  $|y| < d_y$  で、{}内は正の値になり、放物線部分で合成されるときは{}内は負の値になる。

【0079】 $y > -R_y$ 、 $|x| < R_x$ （又は  $y < -R_y$ 、 $|x| > R_x$ ）において  $t_x$ 、 $t_y$  が一様に適合度1になる場合は、上記の条件によって判断し、値を与える。すなわち、適合度1の範囲においても、上記のメンバシップ関数が存在するものと仮定して、それぞれの適

合度を求め、合成を行う。

【0080】上記の合成演算式により、従来型のメンバシップ関数を放物線形の等適合度線で合成することができ、前述の3次元放物線メンバシップ関数を用いた場合と同様の効果が得られる。すなわち、この合成演算法により、従来型のメンバシップ関数を演算する演算装置を用いて、従来できなかった放物線形の境界形状を有するファジィ集合の設定が可能となる。

【0081】次に、上記の3次元放物線メンバシップ関数及び従来型のメンバシップ関数を  $(n+1)$  次元に拡張した場合について説明する。

【0082】これは、図6のような楕円形的放物面による等適合度面の形成であり、以下のような  $(n+1)$  次元放物線メンバシップ関数と  $(n+1)$  次元放物線合成演算式が得られる。

【0083】

【数27】

$$t = \exp \left[ -\left\{ \frac{1}{2} \left( \sqrt{\sum_{i=1}^{n+1} \frac{4(|x_i| - d_i)^2}{a_i^2} + \frac{(x_n + d_n)^2}{a_n^2}} - \frac{x_n + d_n}{a_n} \right) - s \right\}^2 \right] \quad \dots (27)$$

【0084】

但し、 $0 \leq s \leq s_k$ 、 $s_k = \min(R_i / a_i)$

$d_i = R_i - a_i s$

$|x_i| < d_i$  のとき  $x_i = d_i$  として計算する。

【0085】{}内が正のとき、入力点外側

{}内が負のとき及び全ての  $|x_i| < d_i$  のとき、入力点内側

(A) 先端側 ( $x_n < 0$ ) の場合

【0086】

【数28】

$$\diamond t_i = \exp \left[ -\left\{ \frac{1}{2} \left( \sqrt{\sum 4(st\sqrt{-\ln t_i})^2 + (st\sqrt{-\ln t_n})^2} - (st\sqrt{-\ln t_n}) \right) - s \right\}^2 \right] \quad \dots (29)$$

【0087】(B) 逆側 ( $x_n > 0$ ) の場合

【数29】

【0088】

$$\diamond t_i = \exp \left[ -\left\{ \frac{1}{2} \left( \sqrt{\sum 4(st\sqrt{-\ln t_i})^2 + (st\sqrt{-\ln t_n})^2} - (st\sqrt{-\ln t_n}) \right) - s \right\}^2 \right] \quad \dots (29)$$

【0089】複合の意味は、+が適合度1の放物面の外側、-が適合度1の放物面の内側である。

【0090】

但し、 $0 < s < s_k$ 、 $s_k = \min(R_i / a_i)$

$d_i = R_i - a_i s$

$|x_i| < d_i$  のとき  $t_i = (t_i)_{x_i=d_i}$  として計算する。

【0091】{}内が正のとき合成位置外側

{}内が負のとき及び全ての  $|x_i| < d_i$  のとき、合成位置内側

【0092】ここで3次元のものについては次のようになる。

【数30】

$$t = \exp \left[ - \left\{ \frac{1}{2} \left( \sqrt{\frac{4(|x|-d_x)^2}{a_x^2} + \frac{(y+d_y)^2}{a_y^2}} - \frac{y+d_y}{a_y} \right) - s \right\}^2 \right] \quad \dots \dots (30)$$

【0093】更に、放物線の中心の位置が(A, B)、  
軸の角度がφのときは、3次元メンバシップ関数の移動  
により次式が得られる。

【0094】  
【数31】

$$t = \exp \left[ - \left\{ \frac{1}{2} \left( \sqrt{\frac{4(|X|-d_x)^2}{a_x^2} + \frac{(Y+d_y)^2}{a_y^2}} - \frac{Y+d_y}{a_y} \right) - s \right\}^2 \right] \quad \dots \dots (31)$$

【0095】但し、

$$X = (x-A) \cos \varphi + (y-B) \sin \varphi$$

$$Y = -(x-A) \sin \varphi + (y-B) \cos \varphi$$

$$\psi' = \psi - \varphi$$

最も単純な形状として、 $R_x = R_y = 0$ ,  $s = 0$ ,  $\varphi = 0$   
の場合について求めると、

【0096】

【数32】

$$t = \exp \left[ - \left\{ \frac{1}{2} \left( \sqrt{4 \left( \frac{x}{a_x} \right)^2 + \left( \frac{y}{a_y} \right)^2} - \frac{y}{a_y} \right) \right\}^2 \right] \quad \dots \dots (32)$$

【0097】この式で表わされるつり鐘型メンバシップ  
関数の形状を図7に示す。

【0099】

【数33】

【0098】また、合成演算式は

$$t_x \diamond t_y = \exp \left[ - \left\{ \frac{1}{2} (\sqrt{-4 \ln t_x - \ln t_y} \pm \sqrt{-\ln t_y}) \right\}^2 \right] \quad \dots \dots (33)$$

【0100】複合は、yが正側のとき-を選び、yが負  
側(先端側)のとき+を選ぶ。

形状を求めると以下ようになる。

【0102】

【0101】同様に(n+1)次元において最も単純な

【数34】

$$t = \exp \left[ - \left\{ \frac{1}{2} \left( \sqrt{\sum 4 \left( \frac{x_i}{a_i} \right)^2 + \left( \frac{x_n}{a_n} \right)^2} - \left( \frac{x_n}{a_n} \right) \right) \right\}^2 \right] \quad \dots \dots (34)$$

【0103】

【数35】

$$\diamond t_i = \exp \left[ - \left\{ \frac{1}{2} (\sqrt{-24 \ln t_i - \ln t_n} \pm \sqrt{-\ln t_n}) \right\}^2 \right] \quad \dots \dots (35)$$

【0104】複合は、 $x_n$ が正側のとき-を選び、 $x_n$ が  
負側(先端側)のとき+を選ぶ。ここで、移動体の例と  
して、図8に示すように平面上を自動走行する搬送車等  
の走行車40を考える。これは、例えば方向転換用の1  
個の前輪41と駆動用の2個の後輪42, 43とを備え  
た三輪車型の移動体として構成される。この走行車40  
が走行する平面をx-y座標面で表わし、その原点を走  
行車40の前輪41の位置に置き、走行車40の前進す  
る方向をy軸とする。

【0105】この場合、走行車40が進入しようとする  
領域(2次元平面)内にある障害物との衝突の危険度  
は、上記のつり鐘型の放物線メンバシップ関数(図7)  
で規定される適合度で表わすことができる。すなわち、  
(34)式より、衝突危険度dは次のように表わされ  
る。

【0106】

【数36】

$$d = \exp \left[ - \left\{ \frac{1}{2} \left( \sqrt{4 \left( \frac{X}{a_x f(v)} \right)^2 + \left( \frac{Y}{a_y f(v)} \right)^2} + \frac{Y}{a_y f(v)} \right) \right\}^2 \right] \quad \dots \dots (36)$$

【0107】上式で

$$X = + \{ x - f(v) \sin \theta \} \cos \theta + \{ y - f(v) \cos \theta \} \sin \theta$$

$$Y = - \{ x - f(v) \sin \theta \} \cos \theta + \{ y - f(v) \cos \theta \} \sin \theta$$

$\cos \theta$

【0108】d: 衝突危険度(適合度)

f(v): 最危険距離(危険度が1になる距離)

f(v) = Av: 走行車の速度vに比例して危険領域を広



くする要素

$f(v) = A v^2$  : 走行車の速度  $v$  の2乗に比例して危険領域を広くする要素

$A$  : 比例定数 (例えば自動搬送車が乗せる荷物の種類に応じて調整する場合などに使用するパラメータ)

$\theta$  : 旋回角度 (前輪の舵角) [右旋回を正とする]

$a_x, a_y$  : 危険領域の大きさを調整するパラメータ

【0109】上記の式(38)により、走行車40の進行しようとする領域における衝突危険度  $d$  を求めると、図9及び図10のようになる。これらの図では、上記のような3次元放物線メンバシップ関数を用いることにより、衝突危険度が同一の線 (等適合度線) は放物線で表わされる。また、図示の領域内に移動する障害物50がある場合、その障害物50に対する衝突危険度は、その障害物50と交わる等適合度線の値が (図9の場合  $d = 0.2$ 、図10の場合  $d = 0.4$ ) で表わされる。

【0110】次に、上記の移動障害物50に対する衝突危険度は、所定のサンプリング時間  $dt$  毎に検出されるものとし、ある時点 (現在時刻) を  $t = t_0$ 、1回前のサンプリング時刻を  $t = t_{-1}$  とすると、図9は  $t = t_{-1}$  における衝突危険度  $d_{-1}$  を表わし、図10は  $t = t_0$  に

$$p = \exp \left[ - \left\{ \left( \frac{X}{a_{px} v_p dt} \right)^2 + \left( \frac{Y}{a_{py} v_p dt} \right)^2 \right\} \right] \quad \dots (37)$$

【0114】上式で

$$X = + (x - x_p) \cos \psi + (y - y_p) \sin \psi$$

$$Y = - (x - x_p) \sin \psi + (y - y_p) \cos \psi$$

【0115】 $p$  : 「このあたりに来るだろう」というファジィラベルのメンバシップ関数に対する適合度

$x_p$  : 移動障害物が等速直線運動をすると仮定した場合の  $t = t_0 + dt$  における位置の  $x$  座標

$y_p$  : 移動障害物が等速直線運動をすると仮定した場合の  $t = t_0 + dt$  における位置の  $y$  座標

【0116】 $a_{px}, a_{py}$  : 楕円領域の大きさを決めるパラメータ

$v_p$  :  $t = t_0$  における移動障害物の速度

$\psi$  :  $t = t_0$  における移動障害物の進行方向 ( $x$  側に対する角度)

【0117】この場合、 $t = t_0$  から  $t = t_0 + dt$  の間に自分 (走行車40) も等速直線運動をすると仮定して

$$D = d_1 + (d_0 \cdot d_1)^2 + (d_{-1} \cdot d_0 \cdot d_1)^3 \quad \dots (38)$$

【0121】上式の第2項と第3項は、 $d_{-1}$ 、 $d_0$ 、 $d_1$  がそれぞれ1に近い値になる場合のみ意味のある大きな値となるが、危険領域を放物線メンバシップ関数によって表わしているため、結果的に、障害物が自分の真正面に近い位置に存在し続ける場合には、第2項と第3項が無視できない値になる。

【0122】次に、衝突回避のための制御指令を求める手順について説明する。その回避の方法は、次の2通りある。

における衝突危険度  $d_0$  を表わす。各サンプリング時刻で求められた衝突危険度は、図1の衝突危険度記憶部31に格納される。

【0111】更に、現在時刻  $t_0$  から1回後のサンプリング時刻を  $t_1$  とすると、図11及び図12は  $t_1 = t_0 + dt$  における衝突危険度 (予測値)  $d_1$  を表わす。以下、この予測値  $d_1$  を求める方法を説明する。

【0112】上記の移動障害物50は、限られた範囲内でランダムに進行方向及び速度を変えるが、ここでは一応、現時点  $t = t_0$  における進行方向に同時点  $t = t_0$  の速度で等速直線運動をするものと仮定して、 $t_1 = t_0 + dt$  における移動障害物50の位置を求める。次に、その位置を中心として、 $t_0$  から  $t_1$  の間の移動距離に比例した大きさの楕円形ファジィ領域を求める。この楕円形ファジィ領域の意味は「 $t = t_1 = t_0 + dt$  において移動障害物50はこのあたりに来るだろう」という、あいまいな領域を表わすものである。このとき、楕円形ファジィ領域は、次式の3次元メンバシップ関数で与えられる。

【0113】

【数37】

いる。この自分の等速直線運動については、 $t = t_0$  における速度と、 $t = t_0$  における進行方向を目標到達点に向かう方向にある特定量だけ修正した方向 (角度) とを用いる。

【0118】そして、前述のように危険領域を表わす3次元放物線メンバシップ関数と、移動障害物の位置を与える3次元楕円メンバシップ関数との重なり合う部分で適合度が最大になる時、その最大適合度を衝突危険度の予測値  $d_1$  とする。

【0119】次に、上記の3つの衝突危険度、すなわち  $t = t_{-1}$  における衝突危険度  $d_{-1}$  と  $t = t_0$  における衝突危険度  $d_0$  と  $t = t_0 + dt$  における衝突危険度 (予測値)  $d_1$  とから、総合評価値  $D$  を次式によって求める。

【0120】

【数38】

【0123】1つは、図11に示すように、 $t = t_0 + dt$  において衝突危険度の予測値  $d_1$  を与える点 (移動障害物の位置)  $P$  が自分 (走行車40) の前を通過しない場合であり、もう1つは、図12に示すように点  $P$  が通過する場合である。前者 (図11) の例では、自分は左に向きを変えると共に速度を上げることによって障害物の前を通過してしまう方法を取り、後者 (図12) の例では、自分は右に向きを変えると共に速度を下げることで障害物の後に回り込むという方法を取る。

【0124】なお、図9及び図10の例は、移動体が入ろうとする領域に放物線形のメンバシップ関数を適用した場合であるが、これに限らず、他の形状の等適合度線を持つメンバシップ関数を用いてもよい。その例として、楕円メンバシップ関数を用いた場合は、次のようになる。

【0125】この場合、楕円メンバシップ関数を求める手法は、基本的に上記の放物線の場合と同様であるので、途中の説明は省略して結果を示す。

【0126】前述のように、走行車40が走行する平面

$$d = 1 - \sqrt{\left(\frac{X}{a_x f(v)}\right)^2 + \left(\frac{Y}{a_y f(v)}\right)^2} \quad \dots \dots (39)$$

【0128】 $X = +x \cos \theta + y \sin \theta$

$Y = -x \sin \theta + y \cos \theta$

上記の式(41)により、危険領域における衝突危険度を楕円形状の等適合度線で表わすことができる。

【0129】また、図15に示すように、自分(走行車40)の前方の危険領域における危険度は放物線メンバシップ関数で評価する一方、自分の後方については、楕円メンバシップ関数で評価することができる。

$$\theta_{iN} = d_{i1} \cdot (\theta \pm \theta_A) + (1 - d_{i1}) \cdot \theta_0 \quad \dots \dots (40)$$

【0133】上式で

$\theta_A = RCT \cdot D_i$  ( $RCT$ は比例定数)

$\theta_A$  : 回避角度

$\theta_0$  : 目標位置の方向角

【0134】 $d_{i1}$  :  $i$  番目の移動障害物に対する時刻  $t_1 = t_0 + dt$  における衝突危険度(予測値)

$D_i$  :  $i$  番目の移動障害物に対する衝突危険度の総合評価値

複合土のうち、+は右に回避する場合、-は左に回避する場合である。

【0135】 $n$  個の移動障害物を対象としている場合

$$\theta_N = \frac{D_j \cdot \theta_{jN} + D_k \cdot \theta_{kN}}{D_j + D_k} \quad \dots \dots (41)$$

【0138】速度の修正についても、同様に総合評価値  $D$  に比例して減速、加速を行う。 $n$  個の障害物を対象とする場合は、総合評価値  $D$  で重み平均を取ればよい。実際には、速度はある一定の速度から余り変化しないようにし、回避は主に上記の舵角調整によって実現すること

$$\theta_{iN} = \theta \pm \theta_A$$

【0140】図16～図19は、 $n=3$  の場合、すなわち、目標位置  $a$  に向かう走行車40の進行する領域に3個の移動障害物A、B、Cがある場合、それらの障害物に対する回避動作の時間的変化を示す。これらの図において、順次並んだ小円は、サンプリング時毎の走行車40及び3個の移動障害物A、B、Cの位置を示す。また、黒丸は同時刻における位置を示す。また、図21及び図22はそれぞれ、移動障害物が1個(A'で示す)の場合の回避動作の例を示す。

を  $x-y$  座標面で表わし、その原点を走行車の前輪41の位置に置き、走行車40の前進する方向を  $y$  軸とした場合において、走行車40が入ろうとする領域(2次元平面)内における衝突危険度は、図13及び図14に示すような三角形型の楕円メンバシップ関数で規定される適合度で表わすことができる。すなわち、衝突危険度  $d$  は次のように表わされる。

【0127】

【数39】

【0130】次に、移動障害物が複数( $n$ )個ある場合について説明する。

【0131】 $i$  番目( $i=1, 2, \dots, n$ )の移動障害物を対象とした場合、自分(走行車40)との衝突を回避するための修正舵角(前輪の舵角  $\theta$  の修正)  $\theta_{iN}$  は次式で与えられる。

【0132】

【数40】

は、自分が右に回避しなければならない移動障害物のうち総合評価値  $D$  が最大になるもの( $i$  番目の移動障害物とする)に対する修正舵角  $\theta_{jN}$  と、自分が左に回避しなければならない移動障害物のうち総合評価値  $D$  が最大になるもの( $k$  番目の移動障害物とする)に対する修正舵角  $\theta_{kN}$  との、 $D$  についての重み平均を取るようにする。

【0136】すなわち、 $n$  個の移動障害物に対する回避のための修正舵角  $\theta_N$  は、次式で求められる。

【0137】

【数41】

ができる。

【0139】また状況によって(40)式のアルゴリズムが次のように変更される。

【数42】

$$\dots \dots \dots (42)$$

【0141】これらのシミュレーション例から、上記の回避方法によれば、走行車40は、1又は複数個の移動障害物A、B、Cをうまく回避しながら目標位置101に到達することができることが実証された。

【0142】以上、図示の実施例について説明したが、本発明はこれに限らない。例えば、メンバシップ関数は、実施例のように移動体の進行する領域が2次元平面の場合は3次元であるが、飛行物のように3次元を移動する場合には、4次元メンバシップ関数が用いられる。

更に、必要に応じて任意の次元、形状のメンバーシップ関数を用いられる。また、障害物は静止物と移動体のいずれであってもよい。

#### 【0143】

【発明の効果】以上説明したように本発明は状況を識別し、回避戦略を使い分けるようにしたので不適切な回避戦略により衝突する不都合が発生しないという効果を有する。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例の構成を示すブロック図である。

【図2】本発明の他の実施例の構成を示すブロック図である。

【図3】本発明の効果を説明するための図である。

【図4】3次元放物線メンバーシップ関数を示す図である。

【図5】図4の3次元メンバーシップ関数に直線部分を付加した形状となる場合の図である。

【図6】多次元メンバーシップ関数の等適合度面を形成する楕円放物面を示すための図である。

【図7】釣り鐘形3次元放物線メンバーシップ関数の形状を示す図である。

【図8】移動体の座標平面上の位置関係を示す図である。

【図9】移動体の進行する領域で1回前のサンプリング時における衝突危険度を表した図である。

【図10】移動体の進行する領域で現時点における衝突危険度を表した図である。

【図11】移動体の進行する領域で1回後のサンプリング時における衝突危険度を表した図である。

【図12】障害物が通過する場合の衝突危険度の予測値を表した図である。

【図13】3次元メンバーシップ関数の例を示す図である。

【図14】三角形の3次元メンバーシップ関数の例を示す図である。

す図である。

【図15】移動体の後方の領域で楕円メンバーシップ関数を用いて衝突危険度を表した図である。

【図16】3個の移動障害物に対する回避動作の例を示す図である。

【図17】図16の回避動作の続きを示す図である。

【図18】図16の回避動作の続きを示す図である。

【図19】図16の回避動作の続きを示す図である。

【図20】1個の障害移動物に対する回避動作の例を示す図である。

【図21】1個の障害移動物に対する回避動作の他の例を示す図

【図22】従来装置の動作をの例を示す図である。

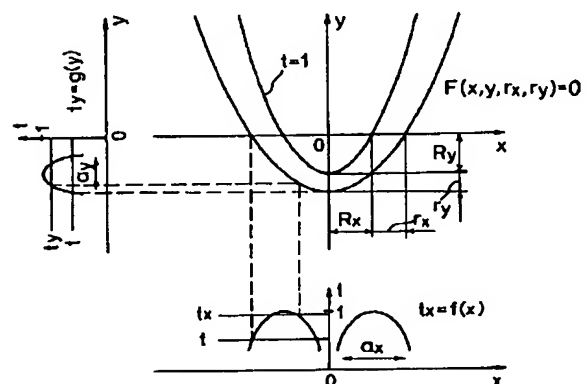
#### 【符号の説明】

- 1 衝突危険度判定装置
- 2 状況予測装置
- 3 制御装置
- 11 障害物の位置・速度・進行方向検出装置
- 12、14、33 信号変換装置
- 13 自車の速度・旋回角度計測装置
- 15 多次元メンバーシップ関数記憶部
- 16 メンバーシップ関数自動変換装置
- 17、22、35 CPU
- 18 衝突危険度出力装置
- 21 状況予測アルゴリズム記憶部
- 31 衝突危険度記憶部
- 32 目標到達点位置検出装置
- 34 回避のための進行方向・速度算出アルゴリズム記憶部
- 36 進行方向および速度につ制御指令出力装置
- 38 衝突危険度が基準値を越える対象物計数部
- 39 自車・障害物間距離が基準値を越える対象物計数部
- 40 回避アルゴリズムの変更アルゴリズム

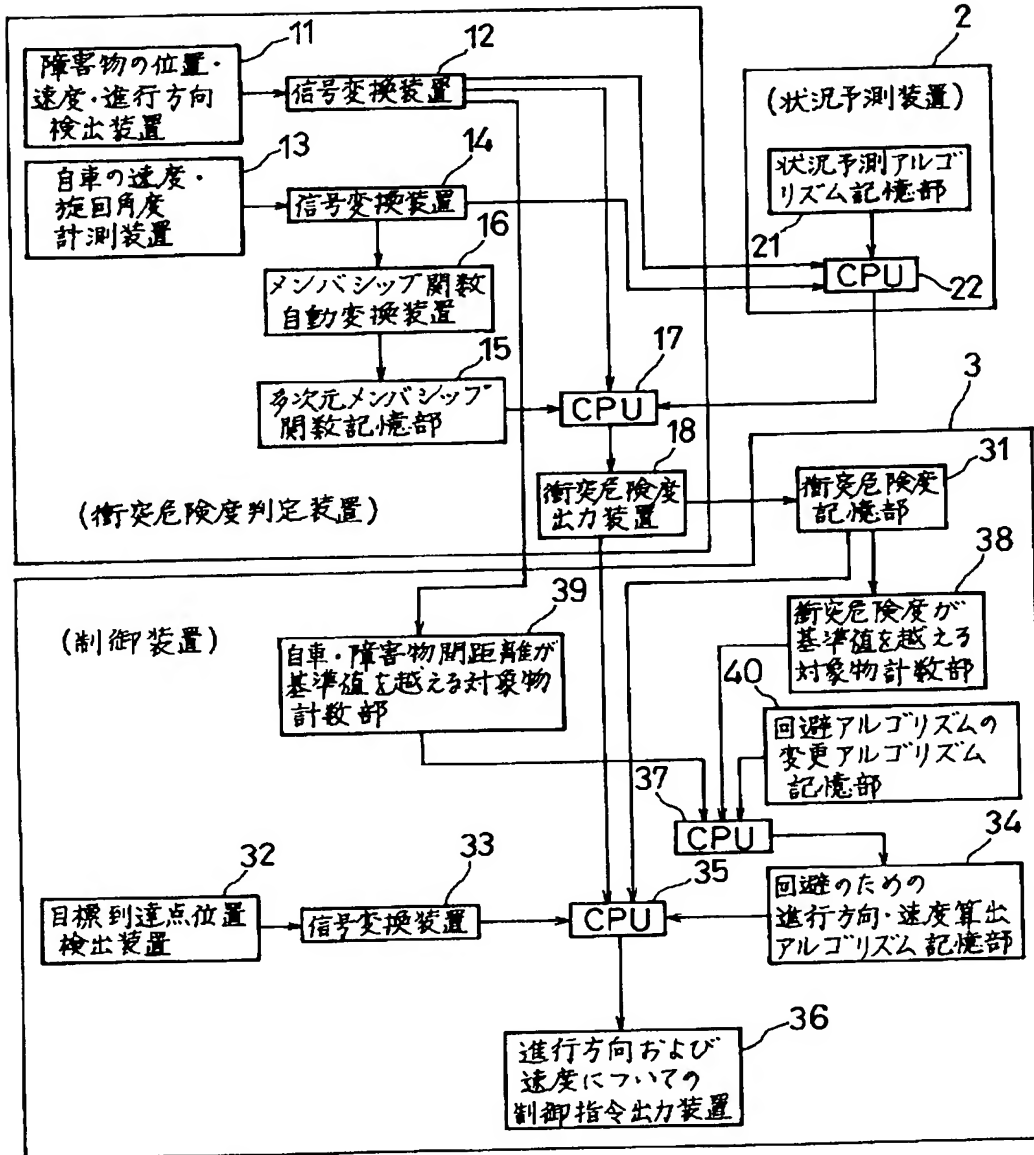
【図3】



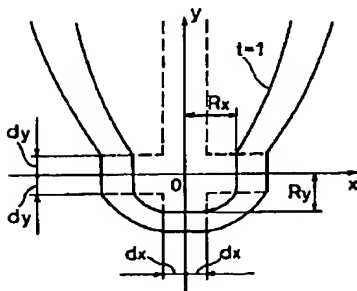
【図4】



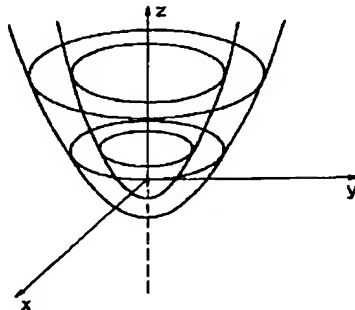
【図1】



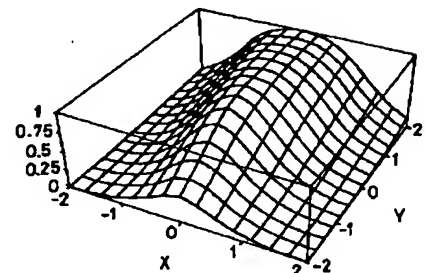
【図5】



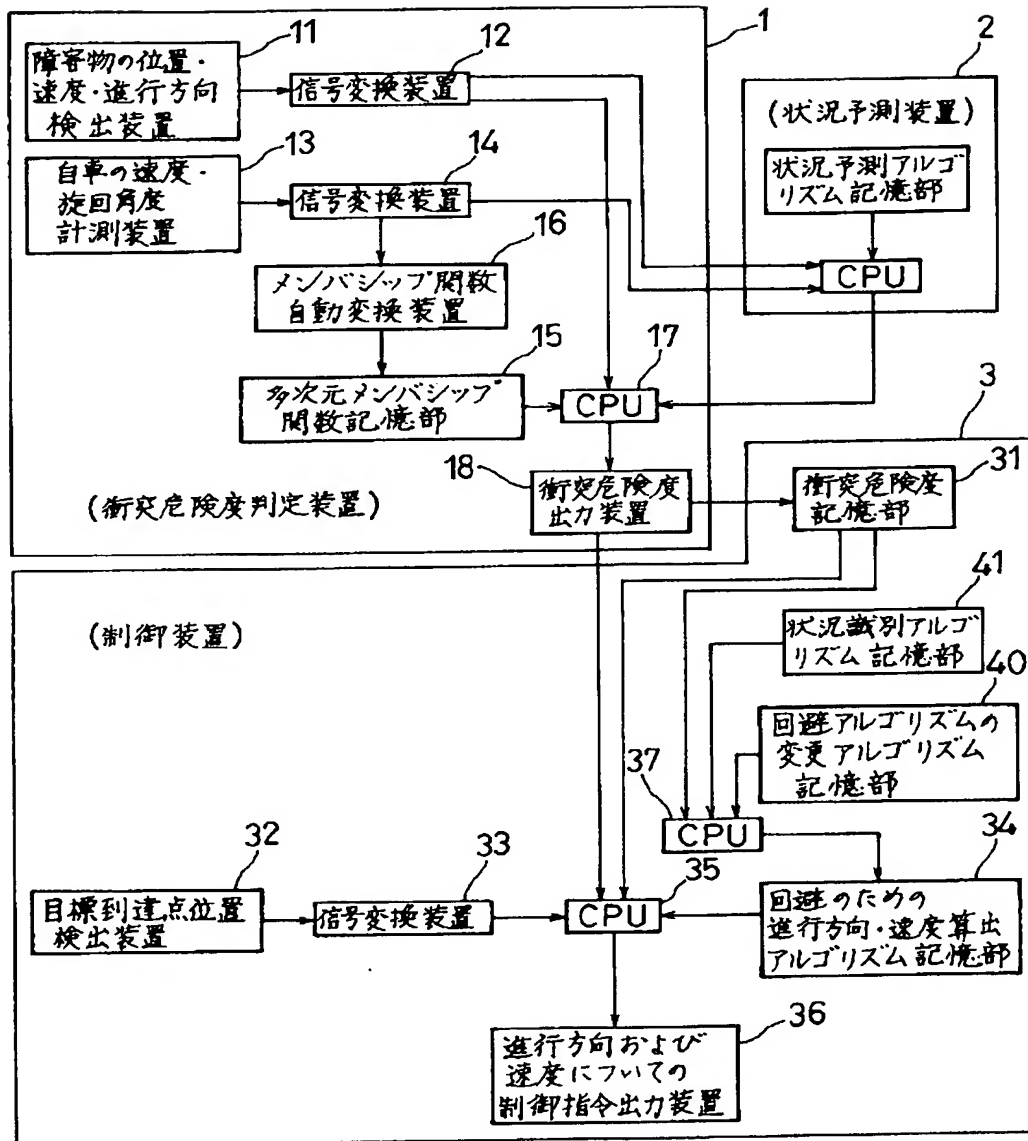
【図6】



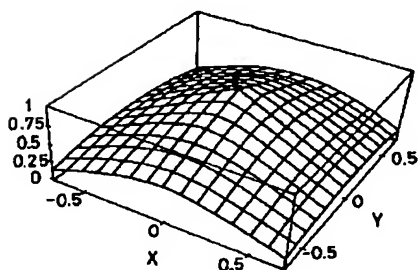
【図7】



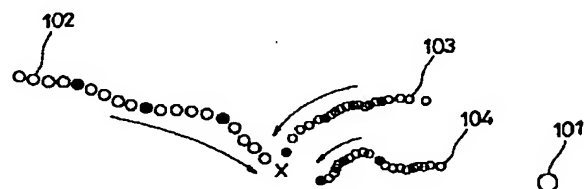
【図2】



【図14】

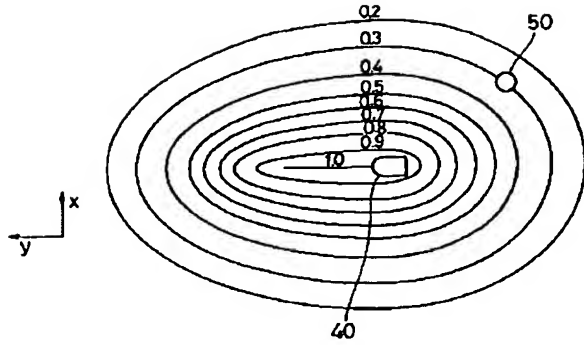


【図22】

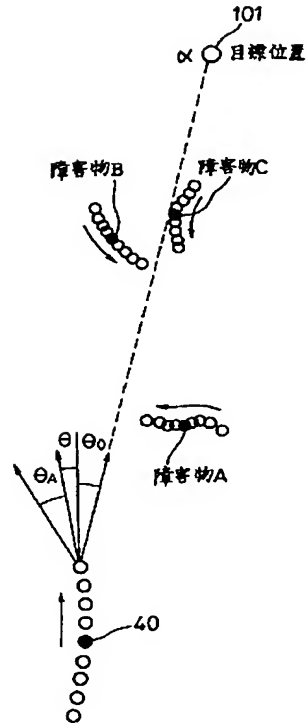




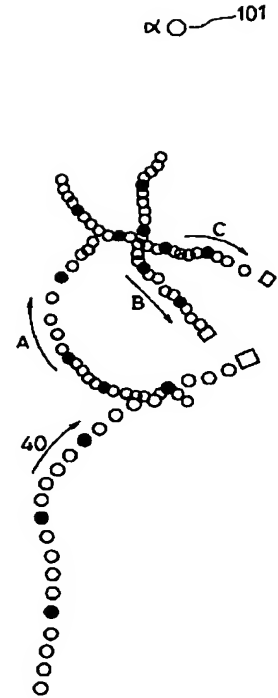
【図15】



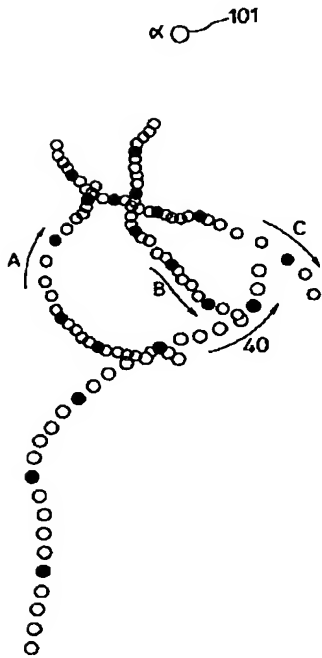
【図16】



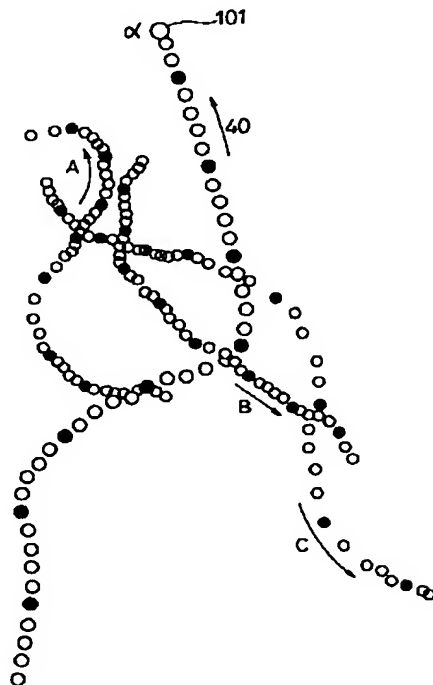
【図17】



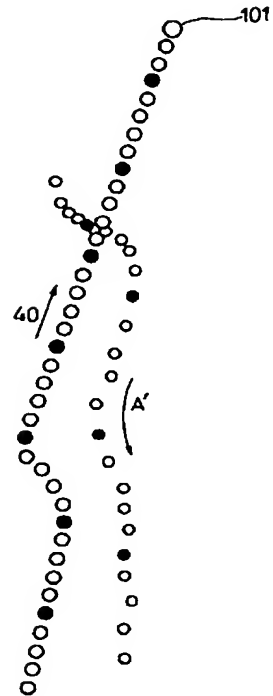
【図18】



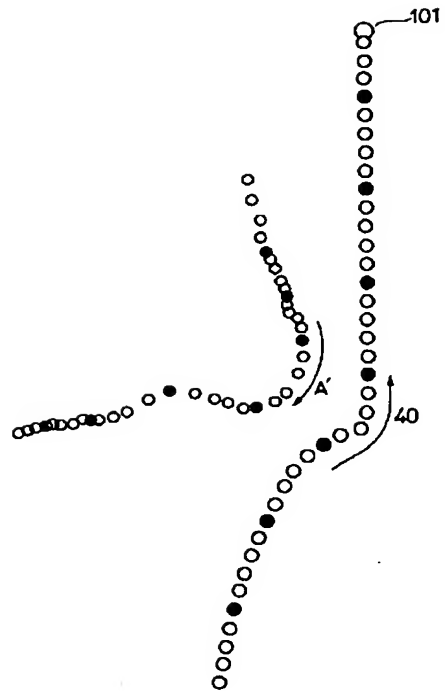
【図19】



【図20】



【図21】





# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-138941

(43)Date of publication of application : 20.05.1994

---

(51)Int.Cl. G05D 1/02  
B25J 5/00  
B25J 13/00  
G06F 15/20  
// G08G 1/16

---

(21)Application number : 04-310779 (71)Applicant : YAMATAKE HONEYWELL  
CO LTD

(22)Date of filing : 27.10.1992 (72)Inventor : TANAKA MASAHIITO

---

## (54) OBSTACLE EVADING DEVICE

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To satisfactorily evade the obstacles even in such a state of emergency where the risk of collision is increased to plural obstacles at one time.

**CONSTITUTION:** At first a 1st counter part 38 identifies a case where the collision is evaded to the obstacles based on a certain algorithm and two or more obstacles have risk of collision higher than a 1st reference level. Meanwhile a 2n counter part 39 identifies a case where two or more obstacles have their distances larger than a 2nd reference level. Under such conditions a deciding means 37 decides a faulty state. Then a control part 35 changes the algorithm in the faulty state in order to invalid the control to travel to a target point and to completely evade the obstacles.

---

## CLAIMS

---

### [Claim(s)]

[Claim 1]An obstacle avoidance device which runs to a target spot while detecting danger of an obstacle which gives danger to on-going vehicles toward an object characterized by comprising the following for every predetermined forecast time and avoiding danger according to the danger.

A situation [ of identifying a specific situation based on the degree of near collision to two or more moving obstacles ] prediction device.

An avoidance-control device which uses an algorithm for obstacle avoidance properly.

[Claim 2]An obstacle avoidance device which runs to a target spot while detecting danger of an obstacle which gives danger to on-going vehicles toward an object characterized by comprising the following for every predetermined forecast time and avoiding danger according to the danger.

the 1st calculation that identifies a case where two or more object obstacles with which the degree of near collision exceeded the 1st reference value exist -- a part.

the 2nd calculation that identifies a case where two or more subjects in which distance with a subject exceeded the 2nd reference value exist -- a part.

an obstacle with which the degree of near collision exceeded the 1st standard by said 2nd coefficient part -- those or more with twoand the 2nd calculation -- a decision means to conclude that it is an abnormal condition when there are two or more subjects in which distance with a subject exceeded the 2nd reference value in a part.

A control section which changes an algorithm so that control which advances to a target spot may be repealed and it may be devoted to evasion of an obstaclewhen said abnormal condition is concluded.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application]This invention relates to the obstacle avoidance device which avoids the obstacle which encounters while a mobile robot or an automatic guided vehicle runs.

[0002]

[Description of the Prior Art]About the device which avoids the obstacle under stillness or movementthe applicant has proposed the method of using a multi-dimension membership function in Japanese Patent Application No. No. 139277 [ three to ].

[0003]By this setting up the multi-dimension membership function with which the goodness of fit of a f-set can be expressed in a field with an obstacleand computing goodness of fit using the multi-dimension membership functionIt asks for the degree of near collision in a fielda control command for the mobile which moves from the value of the degree of near collision in the inside of the field to avoid an obstacle is generatedand it is made to output.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]Howeversince such a conventional method has opted for avoidance operation with the algorithm fixed regardless of the number and position of a moving obstacleThe case where a collision is nonavoidable as avoidance operation becomes insufficient in an emergency when the degree of near collision became high simultaneously to two or more moving

obstacles for example it is shown in drawing 22 arises.

[0005] This shows the state where the moving obstacles 103 and 104 to which the mobile 102 which goes to the goal 101 comes from the front are avoided as shown in drawing 22 and the black dot of the mobiles 102, 103 and 104 makes legible the position for every 5 sampling time as an example.

[0006] Although the mobile 102 has avoided the moving obstacle 103 in this example the state where it has collided at the point of x seal without the ability to avoid is shown.

[0007]

[Means for Solving the Problem] The 1st invention is provided with a situation [ of identifying a specific situation based on the degree of near collision to two or more moving obstacles ] prediction device and an avoidance-control device which uses an algorithm for obstacle avoidance properly in order to solve such a technical problem.

[0008] the 1st calculation for which the 2nd invention identifies a case where two or more object obstacles with which the degree of near collision exceeded the 1st reference value exist -- with a part. the 2nd calculation that identifies a case where two or more subjects in which distance with a subject exceeded the 2nd reference value exist -- with a part. the 1st calculation -- an obstacle with which the degree of near collision exceeded the 1st standard in a part -- those or more with two and the 2nd calculation -- with a decision means to conclude that it is an abnormal condition when there are two or more subjects in which distance with a subject exceeded the 2nd reference value in a part. It has a control section which changes an algorithm so that control which advances to a target spot in an abnormal condition may be repealed and it may be devoted to evasion of an obstacle.

[0009]

[Function] A specific situation is identified based on the degree [ as opposed to two or more moving obstacles in the 1st invention ] of near collision and avoidance control which uses the algorithm for obstacle avoidance properly according to the discriminated result is performed.

[0010] Control to which the 2nd invention disregards the goal and concentrates on evasion when the degree of near collision changes into the state where some two or more obstacles exist beyond in a predetermined value in addition to the 1st invention is performed.

[0011]

[Example] Drawing 1 is a block diagram showing one example of this invention. The composition of this device Based on the value of the near collision degree determining device 1 which asks for the degree of near collision of each of two or more obstacles and the mobile which can be set in a field with an obstacle the situation [ of identifying a specific situation based on the degree of near collision ] prediction device 2 and the near collision degree judging means 1 and the situation prediction device 2 situation discernment and a control strategy. It is divided into the control device 3 which outputs the control command for avoiding an

obstacle going to the determination of the avoidance operation used properly, i.e. an object.

[0012] And the control device 3 suspends the control facility which tends toward a target when there are two or more obstacles which have the danger beyond a predetermined value.

[0013] The near collision degree determining device 1 as a means for acquiring the information about the obstacle in the field where a mobile advances. It has the position, the speed and the direction-of-movement sensing device part 11 of an obstacle which detects the position, the speed and the direction of movement (angle to a fixed targeted direction) of an obstacle and the signal conversion section 12 which changes the detecting signal into the digital signal for data processing.

[0014] It has the speed and the turning-angles metering device 13 of the self-car which measures the position, speed and turning angles of the mobile concerned and the signal conversion equipment 14 which changes the measurement signal into the signal for data processing as a means for acquiring the information about a mobile.

[0015] The multi-dimension membership function storage parts store 15 which memorized the multi-dimension membership function mentioned above. According to the measurement signal from the speed and the turning-angles metering device 13 of a self-vehicle, it has the membership function automatic inverter 16 which changes automatically the multi-dimension membership function stored in the multi-dimension membership function storage parts store 15.

[0016] In addition, it has the near collision degree output unit 18 which outputs the value of CPU 17 which calculates the degree of near collision with the output of the signal conversion equipment 12, the output of the multi-dimension membership function storage parts store 15 and the output of the situation prediction device 2 and the calculated degree of near collision.

[0017] In the near collision degree determining device 1, the position, the speed and the direction-of-movement sensing device 11 of an obstacle comprise an image sensor which detects a size, a position, etc. of the obstacle by light to the obstacle to the mobile which moves for example in a flat-surface top. The signal conversion equipment 12 comprises an A/D converter which changes into a digital signal the signal about the obstacle sent from the position, the speed and the direction-of-movement sensing device 11 of the obstacle.

[0018] The speed and the turning-angles metering device 13 of a self-vehicle comprise measuring instruments such as a speedometer carried in the mobile which moves in a flat-surface top for example. The signal conversion equipment 14 is built into those measuring instruments or comprises an external A/D converter.

[0019] The multi-dimension membership function storage parts store 15 comprises a memory which memorizes the multi-dimension membership function set up to the field where an obstacle tends to run including the variable which changes according to the speed and the direction of movement of a mobile like the after-mentioned. CPU 17 and the near collision degree output unit 18 are controlled by the program which performs the below-mentioned near collision degree

determining operation.

[0020]the subject in whichas for the value memorized by the near collision degree storage parts store 31the degree of near collision exceeds a reference value -- calculation -- the part 38 is supplied and the degree of near collision in this time calculates the number of the things beyond a predetermined valuefor example0.6 or more thingsthere. the subject in which a self-vehicle and the distance between obstacles exceed a reference value -- calculation -- a self-vehicle and the distance between obstacles calculating the number of the obstacles which are beyond a reference valueand the part 39. The algorithm what kind of evasion the change algorithm storage parts store 40 of an evasion Argo rim should just perform with the number and value of an obstacle is memorized [ various ].

[0021]The control device 3 for avoidance operation is provided with the target arriving point position sensing device 32 which detects the position made into the attainment target of a mobileand the signal conversion equipment 33 which changes the detecting signal into the signal for data processing.

[0022].Like the after-mentionedan obstacle. The parameter for avoiding (movement speed and a direction of movement.) The shown angle. The algorithm to compute. The degree of near collision at present sent from the near collision degree output unit 18 of the degree of near collision before the current time spent from the direction of movement and the speed calculation algorithm storage parts store 34 for the stored evasionand the near collision degree storage parts store 31and the near collision degree determining device 1. And CPU35 which computes the parameter for avoiding an obstacle according to the algorithm stored in the direction of movement and the speed calculation algorithm storage parts store 34 for evasion based on the target position detected with the target arriving point position sensing device 32It has control-command-outputting device 36 about the direction of movement which outputs the control command which realizes operation which avoids an obstacle from the parameter computed by this CPU35and speed.

[0023]the subject in whichas for CPU37the degree of near collision exceeds a reference value -- calculation -- the subject in which the number of subjects in which the degree of near collision calculated in the part 38 exceeds a reference valueand a self-vehicle and the distance between obstacles exceed a reference value -- calculation -- the self-car calculated in the part 39. The distance between obstacles corrects the algorithm of the change algorithm storage parts store 38 of an evasion algorithm with the algorithm memorized by the change algorithm storage parts store 40 of the evasion algorithm based on the number of subjects below a reference value.

[0024]The situation [ where the situation prediction device 2 stored the algorithm which computes the degree of near collision in the time after this time (predicted value) like the after-mentioned ] prediction algorithm storage parts store 21Based on the information (a detection value and measurement valuessuch as a position) about the obstacle and mobile which are sent from the near collision degree determining device 1it has CPU22 which computes the predicted value of the

degree of near collision according to the algorithm stored in the situation prediction algorithm storage parts store 21. The predicted value is sent to CPU17 of the near collision degree determining device 1.

[0025] CPUs 17, 23, 35 and 37 contained in each of three means to constitute the obstacle avoidance device of drawing 1 comprise one CPU as hardware and the program which performs each operation operation to the CPU is incorporated. The device constituted in this way is decided to avoid an obstacle by CPU37 and an algorithm. The decided algorithm According to the target position signal detected with the target arriving point position sensing device 32a predetermined operation is performed by CPU35 and control in which the result avoids an obstacle via a direction of movement and the control-command-outputting device 36 about speed is performed.

[0026] Operation by the algorithm which will disregard the goal by this composition if 0.6 or more obstacles have the two or more degrees of near collision for example will be performed. the subject in which drawing 2 is a block diagram showing other examples and a self-vehicle and the distance between obstacles exceed a reference value from the thing of drawing 1 -- calculation -- the part 39 being omitted and In this case based on the degree of near collision to two or more moving obstacles the situation where the situation prediction device 2 is specific is identified with the algorithm of the situation discernment algorithm storage parts store 40 and avoidance control which uses the algorithm for obstacle avoidance properly with the control device 3 according to that discriminated result is performed. That is based on the degree of near collision to a moving obstacle proper use of the control strategy for hindrance avoidance is performed.

[0027] Since drawing 3 is an example which shows operation of the device of drawing 1 for example 0.6 or more obstacles have the two or more degrees of near collision A specific situation is identified with the algorithm of the storage parts store 40 avoidance control which uses the algorithm for obstacle avoidance properly with the control device 3 according to the discriminated result is performed and the collision is avoided.

[0028] In the explanation although more than "the method of avoidance operation and examination of the result" were explanation of this application in order to avoid becoming complicated only the portion required for an understanding was indicated and a detailed theory was omitted. However since there is also a portion it is better to explain still in detail about a fine portion when required it is explained below that it can be referred to.

[0029] First the principle and method of asking for the degree of near collision in the near collision degree judging means 1 are explained. The multi-dimension membership function corresponding to the field into which a mobile tends to advance first is set up. This is obtained as a dynamic multi-dimension membership function by changing variously the parameter which determines the shape of the following multi-dimension membership functions to the value which changes with situations. For example the three-dimensional membership function which gives goodness-of-fit lines such as a parabola as shown in drawing 4 into the three-

dimensional space which comprises x-y rectangular coordinates and goodness of fit is considered.

[0030]The sign in a figure is defined as follows. Since it is easy let the starting point be a reference point (central point for describing a three-dimensional membership function most briefly).

F.  $(x, y, r_x, r_y) = 0$ : The parabola shape of \*\*\*\*\*. it can set to the function  $t_x = f(x): x - t_x$  side to give -- it hangs and can set to a bell type membership function  $t_y = g(y): y - t_y$  side -- hanging -- bell type membership function  $R_x$ : Radius  $R_y$ : of x shaft orientations of goodness-of-fit linesuch as a parabola form of the goodness of fit 1. Radius  $a_x$  of y shaft orientations of goodness-of-fit linesuch as a parabola form of the goodness of fit 1 : Parameter  $a_y$  proportional to the fuzzy entropy about x : Parameter  $r_x$  proportional to the fuzzy entropy about y : arbitrary points  $(xy)$ . Distance  $r_y$  on [ of a goodness-of-fit linesuch as containing and a goodness-of-fit linesuch as the goodness of fit 1 ] a  $x - t_x$  section : A goodness-of-fit linesuch as including arbitrary points  $(xy)$  and a goodness-of-fit linesuch as the goodness of fit 1 Distance  $t$  on a  $y - t_y$  section: After [ expedient ] the point  $(xy)$  given by a three-dimensional membership function explains [ goodness-of-fit ] divide the goodness of fit  $t$  into  $t_x$  and  $t_y$  and describe it but  $t_x$  and  $t_y$  are the axes of coordinates same as a matter of fact.

[0031]At this time a goodness-of-fit linesuch as including arbitrary points  $(xy)$  is as follows.

[0032]

[Equation 1]

[0033]The membership function about  $t_x$  and  $t_y$  becomes like the following (3) and (4) types respectively. Hereas for compound - in  $xx$  expresses the portion of a negative side as for the portion by the side of right and +.

[0034]

[Equation 2]

[0035]

[Equation 3]

[0036]Since the distance of a goodness-of-fit linesuch as paying one's attention and a reference point becomes  $R_x + r_x$  and  $R_y + r_y$  on a  $x - t_x$  section and a  $y - t_y$  section respectively [0037]

[Equation 4]

[0038]

[Equation 5]

[0039]  
[Equation 6]

[0040]  
[Equation 7]

Therefore it is as follows from these.

[0041]  
[Equation 8]

[0042]  
[Equation 9]

[0043] Unless the inside of () of the denominator of the 1st paragraph and the 2nd paragraph is the same form at this time it cannot change into the explicit function about t. Then the following operations are performed.

[0044]  
[Equation 10]

[0045] The value of suitable s is chosen from the range of eye \*\*\*\* and 0  
 $\leq s \leq s_k$  [0046]  
[Equation 11]

[0047] Becoming  $d_x$  and  $d_y$  are calculated. namely [0048]  
[Equation 12]

[0049]  
[Equation 13]

[0050] The function of goodness-of-fit line such as eye \*\*\*\* is transformed like a following formula.

[0051]  
[Equation 14]



[0052] Hereas for compound -- in  $x$  expresses the portion of a negative sideas for the portion by the side of rightand +.

[0053]

[Equation 15]

[0054] The geometric meaning of this formula is shown in drawing 5. It expresses that it is the shape which added and approximated the straight-line portion to the original parabola. (16) Formula[0055]

[Equation 16]

[0056]

[Equation 17]

[0057]

[Equation 18]

[0058] However it calculates as  $y=d_y$  at the time of  $x=d_x$  and  $|y|<d_y$  at the time of  $|x|<d_x$ .

[0059] the case where a goodness-of-fit line such as paying one's attention is in the outside of the parabola of the goodness of fit 1 like drawing 4 --  $\emptyset$  -- inside becomes a positive value.

[0060] Also when similarly there is a goodness-of-fit line such as paying one's attention inside the parabola of the goodness of fit 1 the completely same formula is obtained. however -- when it exists in the straight-line portion of a goodness-of-fit line -- arbitrary points  $(xy)$  approximated in this case -- they are  $|x|<d_x$  and  $|y|<d_y$  --  $\emptyset$  -- the time of inside becoming a positive value and being in a parabola portion --  $\emptyset$  -- inside becomes a negative value.

[0061] When the inside (or outside) of the parabola of the goodness of fit 1 becomes a field of the goodness of fit 1 uniformly it judges by the aforementioned conditions and a value is given.

[0062] On the other hand the same effect as the case where the aforementioned three-dimensional parabola membership function is used is acquired also by compounding the membership function of a conventional type by goodness-of-fit line such as a parabola form instead of using the aforementioned three-dimensional parabola membership function. Hereafter the composite arithmetic for it is explained.

[0063] First in the outside of the parabola of the goodness of fit 1 it is the goodness of fit of  $x$  and  $y$ . [0064]

[Equation 19]

[0065]  
[Equation 20]

[0066]  
[Equation 21]

[0067]  
[Equation 22]

[0068] Similarly it is about the inside of the parabola of the goodness of fit 1. [0069]  
[Equation 23]

[0070]  
[Equation 24]

[0071] Therefore a composite arithmetic type like [ these ] a following formula is obtained.

[0072] (A) In the case of by the side of a tip ( $y < 0$ ) [0073]  
[Equation 25]

[0074] (B) In the case of by the side of reverse ( $y > 0$ ) [0075]  
[Equation 26]

[0076]  $\langle \rangle$  It is a sign which shows composite arithmetic (for example algebra product).

[0077] + is [ the outside of the parabola of the goodness of fit 1 and - of a compound meaning ] the insides of the parabola of the goodness of fit 1.

[0078] However it calculates as time  $t_y = (t_y)_{y=dy}$  [  $y$  / time  $t_x = (t_x)_{x=dx}$  /  $x$  /  $|x| < d$  / and /  $|y| < d$  ]. the case where the compositing position to which its attention is paid is in the outside of the parabola of the goodness of fit 1 --  $\{\}$  -- inside becomes a positive value. moreover -- when the compositing position to which its attention is paid is inside the parabola of the goodness of fit 1 and it is compounded in the straight-line portion of a goodness-of-fit line they are  $|x| < d_x$  and  $|y| < d_y$  --  $\{\}$  -- the time of inside becoming a positive value and being compounded in a parabola portion --  $\{\}$  -- inside becomes a negative value.

[0079] When  $t_x$  and  $t_y$  become the goodness of fit 1 uniformly in  $y > -R_y$  and  $|x| < R_x$  (or  $y < -R_y$ ,  $|x| > R_x$ ) it judges by the above-mentioned conditions and a value is given. Namely also in the range of the goodness of fit 1 it compounds by asking for each goodness of fit assuming that it is that in which the above-mentioned member ship function exists.

[0080] The same effect as the case where could compound the member ship function of the conventional type by goodness-of-fit lines such as a parabola form and the above-mentioned three-dimensional parabola member ship function is used by the above-mentioned composite arithmetic type is acquired. That is setting out of the f-set which has the boundary shapes of a parabola form which were not conventionally made by this composite arithmetic method using the arithmetic unit which calculates the member ship function of a conventional type is attained.

[0081] Next the case where the above-mentioned three-dimensional parabola member ship function and the member ship function of a conventional type are extended to a dimension (n+1) is explained.

[0082] This is formation of a goodness-of-fit sides such as being based on an ellipse paraboloid like drawing 6.

The following (n+1) dimension parabola member ship functions and a dimension (n+1) parabola composite arithmetic type are obtained.

[0083]

[Equation 27]

[0084]

However  $0 \leq s \leq s_k$  and  $s_k = \min (R_i/a_i)$

It calculates as  $x_i = d_i$  at the time of  $d_i = R_i - a_i s$ ,  $|x_i| < d_i$ .

[0085] {} -- the time of inside being positive -- input-point outside {} -- the case where it is the input-point inside (A) tip side ( $x_n < 0$ ) when inside is negative and when it is all the  $|x_i| < d_i$  [0086]

[Equation 28]

[0087] (B) In the case of by the side of reverse ( $x_n > 0$ ) [0088]

[Equation 29]

[0089] + is [ the outside of the paraboloid of the goodness of fit 1 and - of a compound meaning ] the insides of the paraboloid of the goodness of fit 1.

[0090]

However  $0 \leq s \leq s_k$  and  $s_k = \min (R_i/a_i)$

It calculates as time  $t_i = (t_i)_{x_i = d_i}$  [ /  $d_i = R_i - a_i s$ ,  $|x_i| < d_i$  ].

[0091] {} -- the time of inside being positive -- compositing position outside {} --

the time of being all the  $|x_i| < d$ , when inside is negative -- the compositing position inside [0092] About a three-dimensional thing it is as follows here.  
[Equation 30]

[0093] When the position of the center of a parabola is [ the angle of (AB) and an axis ]  $\phi$  the following formula is obtained by movement of a three-dimensional member ship function.

[0094]  
[Equation 31]

[0095] however  $X = \cos(x-A) \phi + (y-B) \sin \phi$   
 $Y = -(x-A) \sin \phi + (y-B) \cos \phi$   
 $\psi = \psi - \phi$  -- if it asks about the case of  $R_x = R_y = 0$  and  $\phi = 0$  as simplest shape [0096]  
[Equation 32]

[0097] It is expressed with this formula and hangs and the shape of a bell type member ship function is shown in drawing 7.

[0098] Composite arithmetic type [0099]  
[Equation 33]

[0100] Composite chooses -- when  $y$  is a right side and when  $y$  is a negative side (tip side) it chooses +.

[0101] It is as follows when it asks for the simplest shape in a dimension similarly  $(n+1)$ .

[0102]  
[Equation 34]

[0103]  
[Equation 35]

[0104] Composite chooses -- when  $x_n$  is a right side and when  $x_n$  is a negative side (tip side) it chooses +. Here the traveling vehicles 40 such as a transportation vehicle which carries out the automatic travel of the flat-surface top as an example of a mobile as shown in drawing 8 are considered. This is constituted as a tricycle type mobile provided with the one front wheel 41 for a turn and the two rear wheels 42 and 43 for a drive for example. The flat surface this traveling vehicle 40 runs is expressed with a  $x$ - $y$  coordinate plane and that starting point is put on the position of the front wheel 41 of the traveling vehicle 40 and let the direction in which the traveling vehicle 40 moves forward be the  $y$ -axis.

[0105] In this case the danger of the collision with the obstacle in the field (two-dimensional flat surface) into which the traveling vehicle 40 tends to advance can be expressed with the goodness of fit which the above hangs and is specified with a bell type parabola membership function (drawing 7). That is the degree  $d$  of near collision is expressed as follows from (34) types.

[0106]

[Equation 36]

[0107] an upper type  $X = + \dots \{x - f(v) \sin \theta\} \cos \theta + \{y - f(v) \cos \theta\} \sin \theta$   
 $Y = - \{x - f(v) \sin \theta\} \cos \theta + \{y - f(v) \cos \theta\} \sin \theta$  [0108]  $d$ : The degree of near collision (goodness of fit)

$f(v)$ : The maximum dangerous distance (distance from which danger is set to 1)

$f(v) = Av$ : The element  $A$  which makes a critical region large in proportion to the square of the speed  $v$  of the element  $f(v) = Av^2$ : traveling vehicle which makes a critical region large in proportion to the speed  $v$  of a traveling vehicle:

Proportionality constant (for example parameter used when adjusting according to the kind of load which an automatic conveying vehicle puts)

$\theta$ : Turning angles (rudder angle of a front wheel) [clockwise rotation is made positive]

$a_x, a_y$ : The parameter which adjusts the size of a critical region [0109] If it asks for the degree  $d$  of near collision in the field to which the traveling vehicle 40 tends to advance by the above-mentioned formula (38) it will become like drawing 9 and drawing 10. The line (grade goodness-of-fit line) with the same degree of near collision is expressed in these figures by the parabola by using the above three-dimensional parabola membership functions. The degree  $d$  [as opposed to / when there is the obstacle 50 which moves into the field of a graphic display / the obstacle 50] of near collision is expressed with  $d = 0.4$  when the value of a goodness-of-fit line such as crossing the obstacle 50 is (drawing 9 and it is  $d = 0.2$  and drawing 10).

[0110] Next the degree of near collision to the above-mentioned moving obstacle 50 If it shall be detected for every predetermined sampling time  $dt$  and sampling time  $t = t_0$  and 1 time ago is made into  $t = t_1$  for a certain time (current time) Drawing 9 expresses near collision degree  $d_1$  in  $t = t_1$  and drawing 10 expresses near collision degree  $d_0$  in  $t = t_0$ . The degree of near collision called for in each sampling time is stored in the near collision degree storage parts store 31 of drawing 1.

[0111] When sampling time 1 time after current time  $t_0$  is made into  $t_1$  drawing 11 and drawing 12 express near collision degree (predicted value)  $d_1$  in  $t_1 = t_0 + dt$ .

Hereafter how to calculate this predicted value  $d_1$  is explained.

[0112] Although the above-mentioned moving obstacle 50 changes a direction of movement and speed at random by limited within the limits Here the position of the moving obstacle 50 in  $t_1 = t_0 + dt$  is searched for assuming once that linear uniform motion is carried out to the direction of movement in this time  $t = t_0$  at the rate of simultaneous point  $t = t_0$ . Next it asks for the ellipse form fuzzy field of the size

which is proportional to the migration length between  $t_1$  from  $t_0$  focusing on the position. The meaning of this ellipse form fuzzy field expresses an ambiguous field [ say / "in  $t=t_0+dt$  the moving obstacle 50 will come around here" ]. At this time an ellipse form fuzzy field is given with the three-dimensional membership function of a following formula.

[0113]

[Equation 37]

[0114] It is an upper type and is  $X = (x - x_p) \cos \psi + (y - y_p) \sin \psi$ ,  $Y = -(x - x_p) \sin \psi + (y - y_p) \cos \psi$ . [0115]  $X$ -coordinate  $y_p$  of the position in  $t=t_0+dt$  at the time of assuming that the goodness-of-fit  $x_p$ : moving obstacle to the membership function of the fuzzy label "it will come around here" carries out linear uniform motion:  $p$ : A moving obstacle linear uniform motion. Then the  $y$ -coordinate of the position in  $t=t_0+dt$  at the time of assuming [0116]  $a_{px}$  and  $a_{py}$ : Direction of movement (angle to the  $x$  side) of the moving obstacle in speed  $\psi$ :  $t=t_0$  of the moving obstacle in parameter  $v_p$ :  $t=t_0$  which determines the size of an elliptic region

[0117] In this case it is assumed that a it (traveling vehicle 40) also does linear uniform motion between  $t=t_0+dt(s)$  from  $t=t_0$ . About their linear uniform motion the speed in  $t=t_0$  and the direction (angle) in which only the specific amount which tends to go to a target arriving point corrected the direction of movement in  $t=t_0$  are used. [ this ]

[0118] And when goodness of fit becomes the maximum in the overlapping portion of the three-dimensional parabola membership function with which a critical region is expressed as mentioned above and the three-dimensional ellipse membership function which gives the position of a moving obstacle the maximum goodness of fit is made into predicted value  $d_1$  of the degree of near collision.

[0119] Next the overall evaluation value  $D$  is calculated with a following formula from near collision degree  $d_{-1}$  in above the three degrees of near collision. i.e.  $t=t_{-1}$ , near collision degree  $d_0$  in  $t=t_0$  and near collision degree (predicted value)  $d_1$  in  $t=t_0+dt$ .

[0120]

[Equation 38]

[0121] The 2nd paragraph and the 3rd paragraph of an upper type serve as a meaningful big value only when  $d_{-1}$ ,  $d_0$  and  $d_1$  become a value respectively near 1 but. Since the parabola membership function expresses the critical region when an obstacle continues existing in the position near its front as a result it becomes a value which cannot disregard the 2nd paragraph and the 3rd paragraph.

[0122] Next the procedure of asking for the control command for collision avoidance is explained. As for the method of the evasion there is following the 2 passage.

[0123] One is a case where the point (position of a moving obstacle)  $P$  of giving predicted value  $d_1$  of the degree of near collision in  $t=t_0+dt$  does not pass through

a oneself (traveling vehicle 40) frontas shown in drawing 11.

Another is a case where the point P passes as shown in drawing 12.

In the former (drawing 11) example he changes direction into the left and he takes the method of passing through an obstacle front by gathering speed and in the latter (drawing 12) example he changes direction into the right and he takes the method of turning after an obstacle by lowering speed.

[0124] Although the example of drawing 9 and drawing 10 is a case where the member ship function of a parabola form is applied to the field into which a mobile tends to advance a member ship function with a goodness-of-fit line such as not only this but other shape may be used for it. As the example when an ellipse member ship function is used it is as follows.

[0125] In this case since the technique of asking for an ellipse member ship function is the same as that of the case of the above-mentioned parabola fundamentally intermediate explanation is omitted and shows a result.

[0126] As mentioned above in the case where the direction which expresses with a x-y coordinate plane the flat surface the traveling vehicle 40 runs and puts the starting point on the position of the front wheel 41 of a traveling vehicle and in which the traveling vehicle 40 moves forward is made into the y-axis The degree of near collision in the field (two-dimensional flat surface) into which the traveling vehicle 40 tends to advance can be expressed with the goodness of fit specified with a triangle type ellipse member ship function as shown in drawing 13 and drawing 14. That is the degree d of near collision is expressed as follows.

[0127]

[Equation 39]

[0128]  $X = +x \cos \theta + y \sin \theta$   $Y = -x \sin \theta + y \cos \theta$  the formula (41) of the  $-x \sin \theta + y \cos \theta$  above can express the degree of near collision in a critical region by a goodness-of-fit line such as elliptical.

[0129] As shown in drawing 15 while a parabola member ship function estimates the danger in the critical region of its (traveling vehicle 40) front it can be evaluated by an ellipse member ship function about its back.

[0130] Next a moving obstacle explains two or more (n) \*\*\*\*\* case.

[0131] When aimed at the i-th moving obstacle ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) correction rudder angle (correction of rudder angle  $\theta$  of front wheel)  $\theta_{i,n}$  for avoiding the collision with oneself (traveling vehicle 40) is given with a following formula.

[0132]

[Equation 40]

[0133] It is an upper type and they are  $\theta_A = R_{CT}$  and  $D_i$  ( $R_{CT}$  is a proportionality constant).

$\theta_A$ : Avoiding-angles  $\theta_0$ : The angle of deflection of a target position

[0134]  $d_{i1}$ : The degree of near collision in time  $t_1 = t_0 + dt$  to an i position moving

obstacle (predicted value)

$D_i$  : When avoiding + on the right among overall evaluation value compound \*\* of the degree of near collision to the  $i$ -th moving obstacle- is a case where it avoids on the left.

[0135]Correction rudder angle  $\theta_{jN}$  to that (it is considered as the  $i$ -th moving obstacle) from which the overall evaluation value  $D$  becomes the maximum among the moving obstacles which he has to avoid on the right when aimed at  $n$  moving obstacles. The overall evaluation value  $D$  takes the weight average about  $D$  with correction rudder angle  $\theta_{kN}$  to what becomes the maximum (it is considered as the  $k$ -th moving obstacle) among the moving obstacles which he has to avoid on the left.

[0136]That is correction rudder angle  $\theta_{jN}$  for the evasion to  $n$  moving obstacles is calculated with a following formula.

[0137]

[Equation 41]

[0138]It accelerates by slowing down in proportion to the overall evaluation value  $D$  similarly about correction of speed. What is necessary is just to take a weight average by the overall evaluation value  $D$  when aimed at  $n$  obstacles. Actually speed is kept from changing from a certain fixed speed not much and can mainly realize evasion by the above-mentioned rudder adjustment.

[0139]The algorithm of (40) types is changed as follows by a situation.

[Equation 42]

[0140]In the case of  $n=3$  (i.e. when there are the three moving obstacles A and C in the field to which the traveling vehicle 40 which goes to the target position  $\alpha$  advances) drawing 16 - drawing 19 show the temporal response of the avoidance operation to those obstacles. In these figures the small circle located in a line one by one shows the traveling vehicle 40 for every time of a sampling and the position of the three moving obstacles A and C. A black dot shows the position in the time. As for drawing 21 and drawing 22a a moving obstacle shows the example of the avoidance operation of one case (A' shows) respectively.

[0141]From these examples of a simulation according to the above-mentioned evading method while the traveling vehicle 40 avoided well 1 or two or more moving obstacles A and C it was proved that it could arrive at the target position 101.

[0142]As mentioned above although the example of the graphic display was described this invention is not restricted to this. For example a member ship function is a three dimension when the field where a mobile advances like an example is a two-dimensional flat surface but when moving a three dimension like a flight thing a 4-dimensional member ship function is used. The member ship function of arbitrary dimensions and shape is used if needed. Obstacles may be any of a static object and a mobile.



[0143]

[Effect of the Invention]As explained above this invention identifies a situation and since it used the evasion strategy properly it has the effect that the inconvenience which collides by an unsuitable evasion strategy does not occur.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1]It is a block diagram showing the composition of one example of this invention.

[Drawing 2]It is a block diagram showing the composition of other examples of this invention.

[Drawing 3]It is a figure for explaining the effect of this invention.

[Drawing 4]It is a figure showing a three-dimensional parabola membership function.

[Drawing 5]It is a figure in the case of becoming the shape which added the straight-line portion to the three-dimensional membership function of drawing 4.

[Drawing 6]It is a figure for the elliptic paraboloid which forms goodness-of-fit sidesuch as a multi-dimension membership functionto be shown.

[Drawing 7]It is a figure showing the shape of a temple bell form three-dimensional parabola membership function.

[Drawing 8]It is a figure showing the physical relationship on the coordinate plane of a mobile.

[Drawing 9]It is the figure which expressed the degree of near collision at the time of a sampling 1 time ago in the field in which a mobile advances.

[Drawing 10]It is the figure which expressed the degree of near collision at present in the field in which a mobile advances.

[Drawing 11]It is the figure which expressed the degree of near collision at the time of a sampling 1 time after in the field in which a mobile advances.

[Drawing 12]It is a figure showing the predicted value of the degree of near collision in case an obstacle passes.

[Drawing 13]It is a figure showing the example of a three-dimensional membership function.

[Drawing 14]It is a figure showing the example of a triangular three-dimensional membership function.

[Drawing 15]It is the figure which expressed the degree of near collision using the ellipse membership function in the field behind a mobile.

[Drawing 16]It is a figure showing the example of the avoidance operation to three moving obstacles.

[Drawing 17]It is a figure showing a continuation of the avoidance operation of drawing 16.

[Drawing 18]It is a figure showing a continuation of the avoidance operation of drawing 16.

[Drawing 19] It is a figure showing a continuation of the avoidance operation of drawing 16.

[Drawing 20] It is a figure showing the example of the avoidance operation to one obstacle movable matter.

[Drawing 21] The figure showing other examples of the avoidance operation to one obstacle movable matter

[Drawing 22] It is a figure showing the example of \*\*\*\*\* of a device conventionally.

[Description of Notations]

1 Near collision degree determining device

2 Situation prediction device

3 Control device

11 A position, speed and a direction-of-movement sensing device of an obstacle

12, 14 and 33 Signal conversion equipment

13 Speed and a turning-angles metering device of a self-vehicle

15 Multi-dimension membership function storage parts store

16 Membership function automatic inverter

17, 22, 35 CPU

18 Near collision degree output unit

21 Situation prediction algorithm storage parts store

31 Near collision degree storage parts store

32 Target arriving point position sensing device

34 The direction of movement and speed calculation algorithm storage parts store for evasion

36 It is a \*\*\*\*\* output unit to a direction of movement and speed.

38 the subject in which the degree of near collision exceeds a reference value -- calculation -- a part

39 the subject in which a self-vehicle and the distance between obstacles exceed a reference value -- calculation -- a part

40 The change algorithm of an evasion algorithm

---